第 42 卷 第 1 期
1999 年 2 月

昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA

Vol.42，No.1
Feb.，1999

干扰作用及空间异质性对七星瓢虫成虫捕食作用的影响*

邹运鼎　孟庆雷　陈高潮　耿继光**　王公明

（安徽农业大学，合肥　230036）

摘要　通过系统研究，得出：1）．七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* 雌雄成虫在捕食过程中麦秆数越多，环境阻力越大，捕食作用率越低；2）．七星瓢虫与异色瓢虫（*Harmonis axyridis*）捕食过程中的种间干扰作用大于两种瓢虫的种内干扰作用；3）．异色瓢虫（♀）种内竞争强度 I 与瓢虫数 P 的关系为 $I=0.0012+1.4072\lg P$；异色瓢虫（♂）种内竞争强度 I 与 P 的关系为 $I=0.0058+1.3942\lg P$；七星瓢虫（♀）种内竞争强度 I 与 P 的关系为 $I=-0.0072+0.7234\lg P$。异色瓢虫（♀）和七星瓢虫（♀）的种间竞争强度 I 与天敌数量（P）关系的模型为 $I=0.0539+1.1167\lg P$，异色瓢虫（♀）和七星瓢虫（♂）的种间竞争强度 I 与 P 的模型为 $I=0.0018+1.1944\lg P$。

关键词　干扰作用，空间异质性，七星瓢虫，捕食作用

Hassell（1976）认为天敌间相互干扰参数 m 在某种程度上是天敌搜索活动的函数，活动和流动性越大的天敌，彼此相遇可能较经常，相互干扰作用大，由此在室外可能引起天敌的扩散。在种内关系上除了干扰作用外还包括种内竞争作用，把捕食作用和天敌的种内竞争作用两者综合考虑，可有利于分析害虫的种群稳定性，生物防治的最终目的从根本上取决于天敌高的搜索效率。综合考虑天敌对害虫的作用时，除了考虑种内干扰作用、种间干扰作用以及竞争作用，还要考虑天敌捕食过程中对害虫的处置时间、天敌和害虫的聚集状况以及空间异质性等特点[1]。七星瓢虫 *Coccinella septempunctata* L.、异色瓢虫 *Harmonia axyridis* Pallas 是麦二叉蚜 *Schizaphis graminum*（Rondani）的重要天敌，邹运鼎等就七星瓢虫、异色瓢虫对蚜虫的捕食作用等，以及七星瓢虫、异色瓢虫各自种内的干扰作用作过报道[2~5]。为了准确评估七星瓢虫对麦二叉蚜的控制作用，为合理利用和保护麦二叉蚜的天敌，特进行了干扰作用、空间异质性对七星瓢虫捕食作用的影响研究。

1　材料与方法

1.1　供试天敌

七星瓢虫雌雄成虫、异色瓢虫雌雄成虫及麦二叉蚜均采自我校教学试验农场麦田。供试

*　本文为安徽省自然科学基金项目和省教委基金项目

**工作单位为安徽省植保总站

1996-12-22 收稿，1997-03-18 收修改稿

天敌饱食后禁食 24 h 作空间异质性试验，另一批天敌饱食后禁食 48 h 作种间干扰作用试验。

1.2 空间异质性对捕食作用的影响

在盛有 70 只麦二叉蚜高龄若蚜的 100 cm^3 容积的培养器皿中，分别放入 0 根、1 根、2 根、3 根、4 根、5 根 5 cm 长的麦秆，作为空间异质性的不同处理，每培养器皿分别放入 1 只供试的七星瓢虫雌成虫，24 h 后观察记载各处理的培养器皿中剩下的和自然死亡的蚜虫数，重复 6～8 次。

空间异质性对七星瓢虫雄成虫捕食作用影响的研究方法同雌 成虫，重复 8 次。

1.3 种内、种间干扰对七星瓢虫成虫捕食作用的影响

在盛有 90 只麦二叉蚜高龄若蚜的 100 cm^3 容积的培养器皿中，分别放入供试的天敌七星瓢虫雌雄成虫和异色瓢虫雌雄成虫，具体处理的安排是：（1）每皿中分别放 1、2、3、4 头七星瓢虫雌成虫；（2）每皿中分别放 1、2、3 头异色瓢虫雄成虫；（3）每皿中分别放入 1、2、3 头异色瓢虫雌成虫，（4）每皿中放 1 头异色瓢虫雌成虫和 1 头七星瓢虫雌成虫；（5）每皿中放 1 头异色瓢虫雌成虫和 1 头七星瓢虫雄成虫；（6）每皿中放 1 头异色瓢虫雌成虫和 2 头七星瓢虫雌成虫；（7）每皿中放 1 头异色瓢虫雌成虫和 2 头异色瓢虫雄成虫；（8）每皿中放 2 头异色瓢虫雌成虫和 2 头七星瓢虫雌成虫；（9）每皿中放 2 头异色瓢虫雌成虫和 2 头七星瓢虫雄成虫。24 h 观察记载剩下的和自然死亡的蚜虫数，均重复 6 次。

2 结果与分析

2.1 空间异质性对捕食作用的影响

将不同处理的七星瓢虫雌雄成虫的捕食作用结果列于表 1。

表 1　七星瓢虫成虫对麦二叉蚜捕食作用(头)

Table 1　The predation of *Coccinella septempunctata* to *Schizaphis graminum*

麦秆数(段) Number of wheat stem	雌成虫 Female											雄成虫 Male										
	Na								$\overline{Na}$	$S_{(x)}$	y(%)	*Na*								$\overline{Na}$	$S_{(x)}$	y(%)
0	70	69	70	70	70	70	70	70	69.88	0.12	99.83	70	70	70	70	69	69	70	70	69.75	0.16	69.64
1	62	59	55	70	51	49	60	60	58.25	2.34	83.21	47	54	44	60	67	54	51	56	54.13	2.55	77.33
2	39	66	32	35	60	33	63		46.88	5.80	66.97	56	41	25	36	34	60	51	37	42.50	4.25	60.71
3	37	34	32	35	45	32			35.83	1.99	51.19	28	28	51	36	41	57	46	43	41.25	3.22	58.93
4	24	37	52	34	51	57	26		40.14	5.03	57.34	42	52	36	52	51	29	55	20	42.13	4.51	60.19
5	33	34	53	9	28	12	46	44	32.38	5.56	46.26	21	52	39	27	23	52	29	27	33.75	4.40	48.21

将表中麦秆数（x）与捕食作用率 y 之间进行数学分析得出，雌成虫的 y 与 x 间相关系数为 -0.9394，雄成虫的 y 与 x 间的相关系数 r 为 -0.9064，查相关系数表 $df=4$ 时 $r_{0.05}=0.811$，$r_{0.01}=0.874$，求得的两个相关系数 r 均大于 $r_{0.01}$ 且为负相关，表明麦秆数越多，捕食作用率越低，雌成虫 y 与 x 间的关系的数学模型为 $y=93.27-10.32x$，雄成虫的 y 与 x 间关系的数学模型为 $y=89.66-8.87x$，说明麦秆数越多，捕食作用率越低。即环境阻力越

大，捕食作用率越低。也说明空间异质性越复杂，捕食作用率越低。

2.2 种内及种间干扰作用

先将根据 $E = Na/N.P$ 求得的捕食作用率列于表 2，式中 Na 为捕食蚜虫头数，N 为供给的蚜虫数，P 为天敌头数，因为在 Holling Ⅱ 型反应中，捕食作用率 E 不再是常数，Hassell 和 Varly 对此提出了模型 $E = QP^{-m}$，其中 Q 为搜索常数，m 为干扰常数，根据上述公式求出 m。

表 2 七星瓢虫和异色瓢虫对麦二叉蚜的捕食作用率与干扰常数值

Table 2 The predation efficiency and mutal interference constant of two ladybugs to *Schizaphis graminum*

处理 Treatment	捕食作用率（E） Predation efficiency（E） 天敌头数（P）				干扰常数（m） Mutal interference constant（m）
	1	2	3	4	
异色瓢虫（♀）	90	48.20	30.33		0.9807
异色瓢虫（♂）	81.40	45.45	27.60		0.8337
七星瓢虫（♀）	46.00	37.23	29.88		0.5454
异色瓢虫和七星瓢虫（♀）	90.00	49.63	31.11	22.96	0.9886
异色瓢虫和七星瓢虫（♂）	81.40	48.79	31.23	22.31	0.9273

从表中看出：异色瓢虫雌成虫种内干扰作用最大，异色瓢虫雄成虫次之，七星瓢虫雌成虫种内干扰最小；种间干扰作用方面，异色瓢虫和七星瓢虫雌成种间干扰作用最大，既大于异色瓢虫雌成虫种内干扰作用，又大于七星瓢虫种内干扰作用，异色瓢虫和七星瓢虫雄成虫种间干扰作用次之，但也可看出，大于异色瓢虫雌成早种内干扰作用，由此可认为种间干扰作用大于种内干扰作用。

2.3 七星瓢虫和异色瓢早种内及种间竞争强度

竞争强度是反映天敌的竞争作用对捕食率作用影响的一个重要指标。为便于比较不同种天敌种内竞争强度的大小，邹运鼎等（1996）提出了竞争强度 $I =（E_1 - E_p）/E_1$ 的公式，I 为分摊竞争强度，其中 E_1 为 1 头天敌的捕食作用率，E_p 为 P 头天敌的捕食作用率，现将七星瓢虫雌成虫、异色瓢虫雌成虫、异色瓢虫雄成虫种内竞争强度及两种种间竞争强度的计算结果列于表 3。

从表 3 可以看出随着天敌数量增加，不管种内还是种间的竞争强度都增大，经数学分析 I 和天敌数量 P 的关系依次是：七星瓢虫雌成虫：$I = -0.0072 + 0.7234\lg P$。I 和 $\lg P$ 之间相关系数 r 为 0.9970；异色瓢虫雌成虫 $I = 0.0012 + 1.4072\lg P$。I 和 $\lg P$ 之间相关系数 r 为 0.9970；异色瓢虫雄成虫：$I = 0.0058 + 1.3942\lg P$。I 与 $\lg P$ 之间的相关系数 r 为 0.9992；异色瓢虫和七星瓢虫雌成虫：$I = 0.0539 + 1.1167\lg P$。I 与 $\lg P$ 之间相关系数 r 为 0.9391；

表 3　二种瓢虫种内种间的竞争强度（I）与天敌数量（P）的关系

Table 3　The relationship between interspecific and intraspecific competition strength（I）and number of two ladybugs（P）

项目 Item		天敌头数（P） Numbers of ladybugs			
		1	2	3	4
七星瓢虫（♀）	E	0.46	0.3723	0.2988	
	I	0	0.1907	0.3504	
异色瓢虫（♀）	E	0.9000	0.4820	0.3033	
	I	0	0.3010	0.2760	
异色瓢虫（♂）	E	0.8140	0.4545	0.2706	
	I	0	0.4416	0.6609	
异色瓢虫（♀）	E	0.9000	0.4963	0.3111	0.2296
和七星瓢虫（♀）	I	0	0.4486	0.6544	0.7449
异色瓢虫（♀）和	E	0.8140	0.4879	0.3123	0.2231
七星瓢虫（♂）	I	0	0.4006	0.6163	0.7259

异色瓢虫和七星瓢虫雄成虫：$I=0.0018+1.1944\lg P$。I 与 $\lg P$ 之间的相关系数 r 为 0.9955。查相关系数表 $df=1$ 时，$r_{0.05}=0.997$，$df=2$ 时，$r_{0.05}=0.950$。r 均大于 $r_{0.05}$。表明，上述几个公式可反应出竞争强度与天敌数量之间的关系。同时看出七星瓢虫种内竞争强度最小，异色瓢虫雌成虫及雄成虫各自的种内竞争强度均大，七星瓢虫和异争瓢早的种间竞争强度稍小。

3　小结与讨论

通过系统研究得出：（1）七星瓢虫雌雄成虫在捕食麦二叉蚜的过程中，麦秆数越多，环境阻力越大，捕食作用率越低。本研究除了增加麦秆数作为增加不利影响外，尚发现部分蚜虫可能由于麦秆的气味所致，钻到麦秆管内逃避捕食，增加空间异质性复杂性。（2）异色瓢虫雌成虫种内干扰作用最大，雄成虫次之，七星瓢虫雌成虫种内干扰作用最小。种间干扰方面，异色瓢虫和七星瓢虫雌成虫的种间干扰作用大，而异色瓢虫雌成虫和七星瓢虫雄成虫之间种间干扰作用次之。总的趋势是种间干扰作用大于种内干扰作用。（3）分摊竞争强度方面，异色瓢虫雌成虫最大，雄成虫次之，七星瓢虫雌成虫最小。两种瓢虫种间竞争强度，异色瓢虫雌成虫和七星瓢虫雌成虫之间的竞争强度稍小于异色瓢虫雌成虫和七星瓢虫雄成虫之间的竞争强度。

参　考　文　献（References）

1　R.M 梅等．理论生态学（中译本）．北京：科学出版社，1976，87～94，280～282
2　邹运鼎等．七星瓢虫成虫对玉米蚜的捕食作用．安徽农业大学学报（增刊），1991，41～45
3　邹运鼎等．异色瓢虫对菜蚜的捕食作用．生物数学学报，1990，5（3）：50～56
4　邹运鼎等．异色瓢虫成虫对麦二叉蚜的捕食作用．生物数学学报，1995，10（3）：80～86
5　邹运鼎等．异色瓢虫若虫对麦二叉蚜的捕食作用．应用生态学报，1996，7（2）：197～200

THE EFFECT OF MUTUAL INTERFERENCE AND SPACIAL HETEROGENITY ON PREDATION OF ADULT *COCCINELLA SEPTEMPUNCTATA*

Zou Yunding Meng Qinglei Chen Gaochao Geng Jiguang Wang Gongming
(Anhi Agricuitural University, Hefei 230036)

Abstract The effect of mutual interference and heterogeneity on *Coccinella septempunctata* was investigated. It was found that the more wheat stalks the adult ladybugs encountered, which meant more interference was met during predation, the lower the predation efficiency was observed. The interspecific mutual interference had more influence on predation of adult ladybug than the intraspecific mutual interference did in *C. septempunctata* and *Harmonia axyricis*. The correlation of intraspecific competition strength (I) and the number of ladybug (P) in *H. axyricis* could be described as $I=0.0012+1.4072\lg P$ for female, $I=0.0058+1.3942\lg P$ for male and $I=-0.0072+0.7234\lg P$ for female *C. septempunctata*. The correlation of interspecific competition strength between *C. septempunctata* and *H. axyricis* (I) and the number of natural enemies (P) could be described as $I=0.0539+1.1167\lg P$ for female *C. septempunctata* and female *H. axyricis*, $I=0.0018+1.1944\lg P$ for female *H. axyricis* and male *C. septempunctata*.

Key words mutual interference, spacial heterogeneity, *Coccinella septempunctata*, predation